

**UNIVERSIDAD DE CUENCA**



**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“OBTENCIÓN DE CUERO LIBRE DE CROMO WET WHITE PARA LA  
FABRICACIÓN DE TAPICERÍA AUTOMOTRIZ”**

Trabajo de Titulación previo a  
la obtención del Título de  
Ingeniero Industrial

**AUTOR:**

Gabriel Marcelo Ayavaca Criollo  
CI: 0105476014

**DIRECTOR:**

Ing. James Marlon Arias Cisneros  
CI: 0102407145

**MAYO 2017  
CUENCA – ECUADOR**



## Resumen

La utilización de artículos libre de cromo está creciendo en los últimos años, ciertas industrias se están adaptando a estos nuevos procesos, específicamente la industria del cuero en el desarrollo de tapicería automotriz. El presente trabajo mediante la aplicación de un diseño experimental factorial  $2^2$ , busca encontrar las mejores condiciones del proceso productivo para la obtención de cuero para tapicería automotriz que cumpla con características similares al cuero curtido con cromo; cumpliendo con los requisitos establecidos por normas internacionales.

Se utilizó glutaraldehído modificado como agente curtiente, las variables que se consideraron fueron concentración del glutaraldehído a 2,5 % - 3,5% como factor cuantitativo y la condición de rodaje en función de la etapa del basificado como factor cualitativo, evaluando las características físicas y sometiendo los resultados a ANOVA, análisis de los efectos, y comparado con parámetros establecidos por normas internacionales para tapicería automotriz; el análisis demostró que los tratamientos T2, T3 y T4, el valor requerido para el porcentaje de contracción es superior al establecido con lo cual se concluye que el Tratamiento 1 con 2,5 de concentración de glutaraldehído y con un basificado después del reposo durante toda la noche del glutaraldehído es el más indicado para el proceso de wet white, cumpliendo con todos los requisitos solicitados por la industria automotriz.

## Palabras clave:

Wet white, glutaraldehído, diseño factorial, tapicería



## **Abstract**

The used of Chrome free supplies has increased in recent years, some industries are being adapted to these new processes, specifically the leather industry in develop of automobile upholstery. The current work, through the application of an experimental factorial design  $2^2$ , seeks to find better conditions into the productive process to obtain leather for automobile upholstery that fulfill similar characteristics than leather Chrome tanned; complying the requirements established by international regulations.

Glutaraldehyde modified was used as tanning agent, the variables that have been considered were concentration of glutaraldehyde to 2,5% - 3,4% and filming condition depending on the stage of the basified, testing physical characteristics and submitting the results to ANOVA test, analysis of effects and compared with parameters established by international standards for automotive upholstery; the analysis showed that the treatments T2, T3 and T4, the required value for the percentage of contraction is higher than the established. In conclusion, the Treatment 1 with 2,5 of concentration of glutaraldehyde and then with a basify after resting overnight of glutaraldehyde, is the best appropriate for the “wet white” process, complying the requirements established by the automotive industry.

## **Keywords:**

Wet white, glutaraldehyde, factorial design, upholstery



## Índice

<b>Resumen</b>	2
<b>Abstract</b>	3
<b>Índice</b>	4
<b>Índice de tablas</b>	5
<b>Índice de figuras</b>	5
<b>1. Introducción</b>	9
<b>2. Materiales y Métodos</b>	12
2.1. <i>Diseño experimental</i>	12
2.2. <i>Evaluación de variables respuesta</i>	13
2.2.1. <i>Porcentaje de contracción del cuero</i>	13
2.2.2. <i>Resistencias físicas del cuero</i>	13
2.3. <i>Análisis estadístico</i>	14
<b>3. Resultados y Discusiones</b>	14
3.1. <i>Verificación de los supuestos</i>	14
3.1.1. <i>Normalidad</i>	14
3.1.2. <i>Homocedasticidad</i>	14
3.2. <i>Comparación de tratamientos</i>	15
3.3. <i>Análisis de efectos</i>	15
3.3.1. <i>Resistencia al desgarre</i>	15
3.3.2. <i>Resistencia a la tracción</i>	17
3.3.3. <i>Alargamiento a la rotura</i>	18
3.3.4. <i>Porcentaje de contracción</i>	19
3.4. <i>Cumplimiento con normas exigidas</i>	21
3.4.1. <i>Resistencia al desgarre</i>	21
3.4.2. <i>Resistencia a la tracción</i>	21
3.4.3. <i>Alargamiento a la rotura</i>	22
3.4.4. <i>Porcentaje de contracción</i>	22
3.5. <i>Evaluación económica</i>	23
3.5.1. <i>Materia Prima</i>	23
3.5.2. <i>Mano de obra y energía eléctrica</i>	24
3.5.3. <i>Generación de desechos</i>	24
3.5.4. <i>Rendimiento de la superficie</i>	25
3.5.5. <i>Análisis general</i>	25



<b>4. Conclusiones</b> .....	27
<b>Referencias</b> .....	29

## **Índice de tablas**

<i>Tabla 1. Matriz de diseño experimental</i> .....	13
<i>Tabla 2. Resultados de pruebas físicas</i> .....	14
<i>Tabla 3. Prueba de normalidad de Shapiro Wilk</i> .....	15
<i>Tabla 4. Pruebas de homogeneidad de varianzas</i> .....	15
<i>Tabla 5. Prueba ANOVA - Entre procesos</i> .....	15
<i>Tabla 6. ANOVA para resistencia al desgarre</i> .....	16
<i>Tabla 7. ANOVA para resistencia a la tracción</i> .....	17
<i>Tabla 8. ANOVA para alargamiento a la rotura</i> .....	18
<i>Tabla 9. ANOVA para porcentaje de contracción</i> .....	20
<i>Tabla 10. Costos proceso inicial de rivera</i> .....	23
<i>Tabla 11. Costos curtido y recurtido</i> .....	23
<i>Tabla 12. Costo M.O. y energía eléctrica</i> .....	24
<i>Tabla 13. Costos Tratamiento de Cromo</i> .....	24
<i>Tabla 14. Costo por disposición final de desechos solidos</i> .....	25
<i>Tabla 15. Costos del proceso</i> .....	26
<i>Tabla 16. Costos de gestión de desechos</i> .....	26
<i>Tabla 17. Costos total</i> .....	26

## **Índice de figuras**

<i>Figura 1. Efecto de interacción de la resistencia al desgarre</i> .....	16
<i>Figura 2. Efectos principales de la resistencia al desgarre</i> .....	17
<i>Figura 3. Efecto principales de la resistencia a la tracción</i> .....	18
<i>Figura 4. Efecto de interacción del alargamiento a la rotura</i> .....	19



<i>Figura 5. Efectos principales del alargamiento a la rotura .....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 6. Efectos principales del porcentaje de contracción .....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 7. Resistencia al desgarre .....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 8. Resistencia a la tracción .....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 9. Porcentaje de alargamiento a la rotura .....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 10. Porcentaje de contracción .....</i>	<i>23</i>



Universidad de Cuenca  
Clausula de derechos de autor

---

*Gabriel Marcelo Ayavaca Criollo*, autor del Trabajo de Titulación "Obtención de cuero libre de cromo wet white para la fabricación de tapicería automotriz", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Industrial. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 09 de mayo de 2017

Gabriel Marcelo Ayavaca Criollo

C.I: 010547601-4



Universidad de Cuenca  
Clausula de propiedad intelectual

Gabriel Marcelo Ayavaca Criollo, autor/a del Trabajo de Titulación "Obtención de cuero libre de cromo wet white para la fabricación de tapicería automotriz", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 09 de mayo de 2017

Gabriel Marcelo Ayavaca Criollo

C.I: 010547601-4





## 1. Introducción

Actualmente la industria automotriz ha enfrentado grandes cambios con la finalidad de reducir al máximo las repercusiones sobre el medio ambiente. En el año 2000 entró en vigencia una disposición de la Unión Europea la cual estipula la manera en que deben diseñarse los nuevos vehículos, cómo deben recogerse y tratarse los residuos, esta norma requiere que para el año 2015 el 95% de los vehículos dados de baja, deberán ser reciclados. (Diario Oficial de las comunidades Europeas, 2000)

Sammarco (2004) señala que la utilización de artículos libres de cromo y de otros materiales pesados, se está difundiendo en proporciones interesantes en la industria automotriz debido a que el cuero libre de metales pesados es fácilmente degradable. La producción libre de cromo o cuero wet-white, sobre todo para tapicería de automotriz, se acerca rápidamente a lo que tradicionalmente se ha curtido con cromo. El reciclaje de partes de automóviles, específicamente los asientos del auto, conduce el impulso hacia este tipo de cuero (M. Taylor, 2011).

El interés en relación al Wet White está creciendo en estos últimos años, diferentes empresas productoras a nivel mundial están adaptándose a estas nuevas exigencias por lo cual se ha realizado diferentes investigaciones para producir un cuero libre de cromo, como son los artículos escritos por (Sammarco, 2004) (Bacardit, Combalia, & Makárova), (Indigoquímica), y en concordancia las industrias de productos químicos ofertan

productos y estructuras para poder conseguir un cuero Wet White que cumpla con las mismas características de un cuero curtido al cromo.

M. Roig et al. (2012) señala que la tecnología de curtición más utilizada es la curtición al cromo, empleada en el 90% de las pieles que se curten en el mundo. Sin embargo, la curtición al cromo implica serios riesgos para el medio ambiente y la salud, derivados de la posible oxidación del cromo trivalente a cromo hexavalente, sustancia de carácter carcinogénica de acuerdo con la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC). En los suelos, el Cr (III) es relativamente inmóvil debido a su gran capacidad de absorción en los suelos, pero el Cr (VI) es muy inestable. La práctica de depositar residuos en rellenos sanitarios con contenido de Cr (III) provenientes de curtiembres, junto con otros desechos industriales ácidos al descomponerse, pueden transformarse el Cr (III) en Cr (VI). (Porras, 2010)

Según (Eliana Esparza, 2013) el cromo es muy tóxico para las cosechas, señala que en pequeñas cantidades de cromo en especial hexavalente, es tomado por la planta de los nutrientes y almacenado en los frutos. A pesar de esto, en la actualidad con objeto de maximizar la reutilización de los residuos sólidos de curtiembres se lo utiliza en suelo para agricultura, en alimentos para animales y en la elaboración de productos de uso industrial, en lugar de llevarlos a rellenos sanitarios. (Carlos Santos Cantera)

Por otro lado, existe en el mercado una creciente demanda de productos ecológicos,



relacionados al desarrollo de procesos de curtición que empleen agentes de curtición alternativos al cromo. Entre las tecnologías de curtición alternativas se encuentran la utilización de aldehídos especialmente el glutaraldehído, el uso de oxazolidina en combinación con otros agentes de recurtición de origen vegetal o sintético, proceso de curtido con agentes vegetales (cortezas, madera, hojas y raíces) etc.

Como señala (Sammarco, 2004) el glutaraldehído se ha mostrado hasta el día de hoy como la sustancia más eficiente en el precurtido de wet white, además señal que el glutaraldehído modificado es utilizado para la fabricación de tapicería automotriz, el cual permite debido a su menor astringencia una mejor penetración obteniendo así una flor más fina y de un color de wet white más claro. Muchos agentes han sido experimentados pero se han obtenido peores resultados. Los taninos vegetales y sintéticos se han mostrado menos eficientes en relación a las propiedades del wet white con ellos obtenidos.

En el artículo escrito por (Indigoquímica, s.f.), señala que para la producción de wet white los trabajos preliminares de ribera como son el remojo y el pelambre se lo realizan con la misma modalidad que para producir cuero wet blue. El desencalado debe ser totalmente atravesado con el fin de que el glutaraldehído pueda penetrar más fácilmente en toda la sección de la piel. Los agentes desencalantes en base de sales de amonio exaltan el amarillamiento del cuero tratado con glutaraldehído lo cual se puede solucionar

fácilmente realizando un lavado a fondo al final del desencalado.

Se debe tomar en cuenta que el glutaraldehído es muy sensible a la variación de pH, al aumentar el mismo por encima de 4.0 no se produce incremento en la temperatura de contracción, pero debido a que el glutaraldehído es incapaz de reaccionar totalmente a pH inferior a 4.0 lógicamente la temperatura de contracción disminuye, por lo tanto el precurtido inicia a un pH inferior a 3 para permitir al aldehído penetrar en toda la sección posteriormente se debe basificar hasta pH 4.0-4.2. En el basificado el pH se incrementa gradualmente evitando saltos de pH demasiado bruscos, de modo que el glutaraldehído pueda reaccionar con la piel plenamente sin sobrecargar la flor. El licor curtiente es habitualmente basificado con bicarbonato de sódico y bisulfito sódico, además como una alternativa se puede utilizar un tanino sintético auxiliar con efecto neutralizante. (Indigoquímica)

La concentración del glutaraldehído al adicionar a la piel presenta variaciones en cuanto a la temperatura de contracción y color que toma la piel tras su curtición, en el estudio realizado por Índigo Química señala que la temperatura de contracción está en función de la adición de aldehído. La piel muestra una temperatura de contracción de 72°C si el glutaraldehído es aplicado en una concentración de 0.5% al 100% de materia activa, la cual es perfecta para resistir el calor generado en las siguientes operaciones.



Otra de las consideraciones a tener en cuenta con la concentración del aldehído es en las variaciones que puede generarse en las propiedades físicas del cuero en la cual se indica que los valores de la resistencia disminuyen con el aumento de aldehído añadido a la piel, este aumento de aldehído además va a mostrar un cambio en la coloración del artículo obtenido.

La cantidad aconsejada para un cuero dividido sobre peso de tripa ronda el 2.5-3.5% de glutaraldehído combinado de acuerdo a ficha de información de productos químicos. En el estudio realizado por Sammarco (2004) se realizó la precurtición con la utilización de 3% al 25% de materia activa de glutaraldehído combinado obteniendo una temperatura de contracción de 75 °C.

En el artículo escrito por Índigo Química e indicaciones de técnicos señalan que en las precurticiones que utilizemos glutaraldehído debe rodarse toda la noche, con la finalidad de que el curtiembre tenga todo el tiempo disponible para reaccionar con los grupos aminos del colágeno con intención de asegurar una penetración regular, debido a que si el curtiembre no atraviesa en toda la sección de la piel el glutaraldehído estará situado solo en la superficie y el cuero no obtendrá sus características óptimas, posterior a ello se realiza la basificación para así lograr que el glutaraldehído quede fijado a la piel, garantizando una temperatura de contracción suficiente en todas las secciones de la piel.

Por su parte Sammarco (2004) señala que la duración del precurtido depende del espesor del cuero y generalmente para completar la

penetración del precurtiente en toda la sección, los cueros luego de la basificación deben permanecer en el baño de precurtido durante la noche en automático, la basificación se inicia luego de los 90 minutos de agregado el glutaraldehído, posteriormente el pH se incrementa gradualmente evitándose saltos de pH demasiado bruscos.

Sammarco (2004) señala que para el curtido principal se realiza con taninos vegetales, taninos sintéticos y polímeros acrílicos. Si se emplease glutaraldehído en esta fase del proceso, se obtiene importantes ventajas dada su óptima capacidad curtiembre, permitiendo la reducción de las cantidades de productos químicos normalmente empleadas en el curtido principal wet white. Además mejora la penetración de los productos curtiembre y de los engrases aplicados en fases sucesivas.

Las pieles para tapicería automotriz se deben engrasar con aceites específicos que no contribuyan a incrementar el fogging. Entre los taninos vegetales, los mejores resultados se han obtenido con el uso de extracto de Tara, sea por las características de los artículos obtenidos, que por las propiedades generales. En la categoría de los polímeros acrílicos se muestran particularmente las resinas recurtientes y las engrasantes. Según el artículo publicado por (Indigoquímica), se puede concluir que concretamente para tapicería de automóvil donde las características más importantes son la blandura, finura y uniformidad del grano de flor, los extractos vegetales más adecuados serían la mimosa y la tara.



Con base en lo expuesto se estableció para este trabajo determinar mediante un ajuste en la receta, manteniendo las condiciones actuales del proceso de fabricación de cuero, a través de realizar un precurtido a base de glutaraldehído, producir cuero libre de cromo “Wet White”, que cumpla con las características de un cuero obtenido en el proceso tradicional Wet Blue.

## 2. Materiales y Métodos

Para la realización de la investigación se escogieron 20 pieles de vacuno serrano de la misma raza originarias del camal de la ciudad de Cuenca, con dimensiones similares comprendidas entre 126 y 170 centímetros. Adicionalmente se realizó en un solo bombo el proceso de remojo y pelambre de las pieles manteniendo el procedimiento convencional en los trabajos de la etapa de ribera, estos procedimientos se mantuvo con similar modalidad que en el proceso wet blue.

El desencalado fue totalmente atravesado lo cual se corroboró realizando cortes en diferentes partes de la piel y aplicando fenoltaleína resultando la piel incoloro demostrando así un completo desencalado, además para una correcta penetración del glutaraldehído el pH final del piquel fue de 3 lo cual se verificó realizando un corte en diferentes partes de la piel y aplicando verde de bromocresol resultando de ello un color amarillo.

Luego de obtener el pH adecuado se separó las pieles en cuatro grupos para proceder a la

fase de precurtido, en esta etapa basándonos en la revisión literaria se señaló que el glutaraldehído se ha mostrado como la sustancia más eficiente en el precurtido de wet white, por lo cual para la precurtición se utilizó glutaraldehído combinado con 56% de materia activa, producto el cual es especial para tapicería automotriz, la utilización de este producto se situó entre el 2,5 al 3,5 % sobre del peso de tripa.

Para la duración de la precurtición se ha tomado en cuenta los estudios realizados por Sammarco y por el laboratorio de productos químicos Índigo Química, además de las sugerencias de los técnicos de diferentes industrias de productos químicos, quienes señalan que se debe dejar reposar el glutaraldehído durante toda la noche después de ser este adicionado al baño con el objetivo de lograr la penetración correcta del producto sobre las pieles o quienes señalan que es suficiente 90 minutos para que el glutaraldehído quede adherido a la piel y posterior a ello realizar el basificado.

### 2.1. *Diseño experimental*

Se seleccionó un diseño experimental factorial  $2^2$ , en el mismo que se utilizó factores cuantitativos y cualitativos a fin de evaluar la influencia de la concentración del glutaraldehído (factor cuantitativo) y la condición de rodaje (factor cualitativo) en la aplicación del basificado, sobre las resistencias físicas y el porcentaje de contracción del cuero.

Se llevaron a cabo cuatro tratamientos con cinco réplicas con el fin de determinar el tratamiento que satisfaga los requisitos para



tapicería automotriz. Los tratamientos se llevaron a cabo en un mismo bombo de curtir de acuerdo al esquema mostrado en la Tabla 1.

*Tabla 1. Matriz de diseño experimental*

Tratamiento experimental	Concentración del Glutaraldehído	Condición de Rodaje
T1	-1 (2,5 %)	-1 (Rodar Antes del basificado)
T2	+1 (3,5 %)	-1 (Rodar Antes del basificado)
T3	-1 (2,5 %)	+1 (Rodar Después del basificado)
T4	+1 (3,5 %)	+1 (Rodar Después del basificado)

Los experimentos se corrieron en igual de circunstancias con respecto al resto de factores no estudiados, es decir en la experimentación se mantuvo estos factores lo más fijo posible.

## 2.2. Evaluación de variables respuesta

Las variables respuestas con las que se midieron la influencia de los dos factores de cada tratamiento fueron evaluados por diferentes normas como se indica a continuación.

### 2.2.1. Porcentaje de contracción del cuero

Al finalizar el precutido se evaluó la contracción del cuero, en la práctica se lo conoce como prueba de ebullición la misma que consiste en cortar un pequeño pedazo de cuero y dibujar su contorno sobre papel, este pedazo de

cuero se sumerge en agua en ebullición durante uno o dos minutos, se lo deja enfriar y se lo compara con la muestra de su entorno dibujado en papel.

Si el pedazo de cuero no ha sufrido contracción o disminución de la superficie se da por hecho que el cuero esta curtido. (Cordero). Bacardit, Combalia, & Makárova (2006) señalan que la temperatura de contracción se reduce en alrededor de 30 °C que en una curtición al cromo por lo cual se evaluaron la contracción del cuero a la temperatura de 70 °C, el porcentaje que mantendremos como máximo de contracción será de 10% el mismo que se maneja en la empresa en la cual se realizó el ensayo.

### 2.2.2. Resistencias físicas del cuero

Se determinó la resistencia a la tracción y porcentaje de alargamiento a la rotura de acuerdo al procedimiento de la norma INEN 1061, los valores de la resistencia a la tracción los comparamos con la norma INEN 1061 que establece un mínimo de 12 MPa y para el porcentaje de alargamiento según la norma ASTM D2208 la cual establece un valor comprendido entre 35-60%. La resistencia al desgarró se determinó de acuerdo a la norma INEN 0561, los valores obtenidos lo comparamos con la norma DIN 53329 método A que establece un valor con minino de 20 N/mm , todas las mediciones efectuadas se realizaron en un dinamómetro.



### 2.3. Análisis estadístico

Los resultados que arrojaron las pruebas de las características físicas, se describen en tablas mediante medidas de tendencia central y dispersión. Para determinar los supuestos de normalidad y homocedasticidad de los datos se aplicó la prueba Shapiro Wilk y el estadístico de Levene respectivamente. Además, para determinar la existencia de diferencias significativas entre las medias obtenidas en los 4 tratamientos se empleó la prueba ANOVA y para determinar el efecto en las características físicas de los cueros (después de ser procesados) que causan los factores: concentración de glutaraldehído y condiciones de rodaje, se aplicó la prueba ANOVA para un diseño factorial para factores fijos (concentración: 2,5% y 3,5% y condición de rodaje: antes y después). Las decisiones se tomaron con una consideración del 5%, el procesamiento de los datos se lo realizó en el programa estadístico SPSS 23 y la edición de tablas en Excel 2016.

## 3. Resultados y Discusiones

Los resultados de las pruebas físicas de los cuatro tratamientos de la investigación y del tradicional utilizando sulfato de cromo (wet-blue) se describen en tablas mediante medidas de tendencia central y de dispersión. Tabla 2.

### 3.1. Verificación de los supuestos

Los análisis ANOVA requieren datos de poblaciones que sigan una distribución aproximadamente normal con varianzas iguales entre los niveles de factores. (Minitab, 2016).

#### 3.1.1. Normalidad

La prueba de comprobación de normalidad de los datos para muestras pequeñas de Shapiro Wilk, mostró que el comportamiento de los datos, en general es normal.  $p > 0,05$  Tabla 3. A excepción del porcentaje de concentración del T1 y del alargamiento a la rotura del T3.

#### 3.1.2. Homocedasticidad

La prueba de Levene para determinar la igualdad de varianzas de los datos, mostró que para todas las pruebas se cumple. El nivel crítico (sig.) es mayor que 0.05, aceptamos la hipótesis de igualdad de varianzas. Tabla 4

Tabla 2. Resultados de pruebas físicas

	Resistencia al		Resistencia a la		Alargamiento a la		Porcentaje de	
	Desgarre (N/mm)		tracción (MPa)		rotura %		Contracción %	
	$\bar{x}$	DE	$\bar{x}$	DE	$\bar{x}$	DE	$\bar{x}$	DE
Tratamiento 1	62,414	0,60	19,252	0,78	45,068	0,87	9,4	0,55
Tratamiento 2	75,308	0,59	13,04	0,70	58,28	0,54	10,8	0,84
Tratamiento 3	56,486	0,6	16,6	0,50	57,332	0,56	15,8	1,64
Tratamiento 4	47,458	0,77	11,482	0,65	49,342	0,62	17	2,12
Wet - Blue	76,4	6,19	19,434	2,84	70,48	7,99	1,5	0,5



Tabla 3. Prueba de normalidad de Shapiro Wilk

Tratamiento	Resistencia al Desgarre (N/mm)	Resistencia a la tracción (MPa)	Alargamiento a la rotura %	Porcentaje de Contracción %
Tratamiento 1	0,684*	0,132*	0,985*	0,006
Tratamiento 2	0,927*	0,740*	0,605*	0,314*
Tratamiento 3	0,923*	0,533*	0,021	0,490*
Tratamiento 4	0,708*	0,189*	0,599*	0,468*

Nota: \* Datos con comportamiento normal  $p > 0,05$ .

Tabla 4. Pruebas de homogeneidad de varianzas

	Resistencia al desgarre	Resistencia a la tracción	Alargamiento a la rotura	Porcentaje de Contracción
Estadístico de Levene	0,160	0,449	0,572	3,136
Sig.	0,921	0,722	0,641	0,055

### 3.2. Comparación de tratamientos

Mediante un ANOVA se comparó los cuatro tratamientos en cada variable de respuesta, con el fin de contrastar la igualdad de medias. Se determinó que existe diferencias en las todas las propiedades físicas promedio de los diferentes tratamientos. Como se determinó que el valor de  $p$ , es menor que la significancia 0.05, rechazamos la hipótesis nula  $H_0$  y se acepta la hipótesis alternativa  $H_A$  en la que al menos un par de tratamientos tienen propiedades físicas promedio diferentes. Tabla 5.

Tabla 5. Prueba ANOVA - Entre procesos

Característica	F	p
Resistencia al Desgarre	1647,91	0,000*
Resistencia a la tracción	139,12	0,000*
Alargamiento a la rotura	464,08	0,000*
Porcentaje de Contracción	33,65	0,000*

Nota: \* Diferencia significativa.

### 3.3. Análisis de efectos

#### 3.3.1. Resistencia al desgarre

El análisis de varianza se muestra en la tabla 6, de acuerdo a la columna Sig., cuyas entradas son menores que 0.05, se rechazan las tres hipótesis nulas  $H_0$ : Concentración de glutaraldehído = 0,  $H_0$ : Condición de rodaje = 0,  $H_0$ : Concentración de glutaraldehído / Condición de rodaje = 0, y se concluye que  $H_A$ : Concentración de glutaraldehído  $\neq 0$ ,  $H_A$ : Condición de rodaje  $\neq 0$ ,  $H_A$ : Concentración de glutaraldehído / Condición de rodaje  $\neq 0$ , lo cual indica que los efectos están activos e influyen en la resistencia al desgarre.



Tabla 6. ANOVA para resistencia al desgarre

Fuente de variabilidad	Contraste	Efecto	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio Promedio	F	Sig.
Concentración de glutaraldehído	19,33	1,93	18,68	1	18,68	45,15	0,000*
Condición de rodaje	-168,89	-16,89	1426,19	1	1426,19	3446,78	0,000*
Concentración de glutaraldehído/Condición de rodaje	-109,61	-10,96	600,72	1	600,72	1451,80	0,000*
Error			6,62	16	0,41		
Total			2052,21	19			

En vista de que existe diferencias significativas en la interacción de las variables, primero analizaremos la interacción (figura 1), en la cual podemos notar que en la condición de rodaje al cambiar del nivel bajo al nivel alto cuando la concentración del glutaraldehído se encuentra en su nivel bajo, la resistencia al desgarre disminuye en 6%, de igual manera si cambiamos la condición de rodaje del nivel bajo al nivel alto cuando la concentración del glutaraldehído se encuentra en el nivel alto, la resistencia disminuye en 26%.

En los efectos principales (figura 2), tenemos un efecto positivo en la concentración del glutaraldehído, lo cual nos indica que al incrementar la cantidad de glutaraldehído la resistencia al desgarre incrementa. Por lo tanto el tratamiento que mejor resultado nos brinda es el tratamiento 2 con 3.5 de glutaraldehído y con la condición de rodaje antes del basificado.

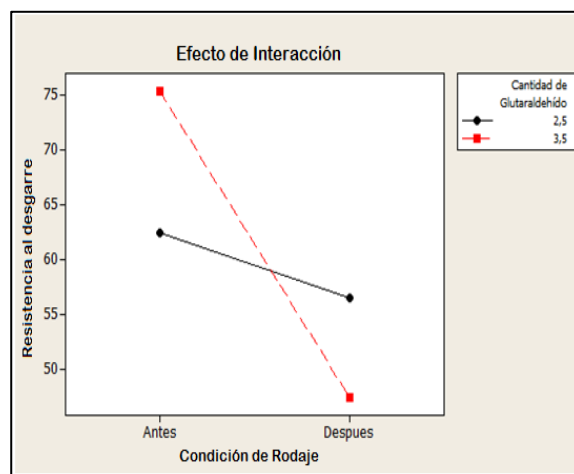


Figura 1. Efecto de interacción de la resistencia al desgarre



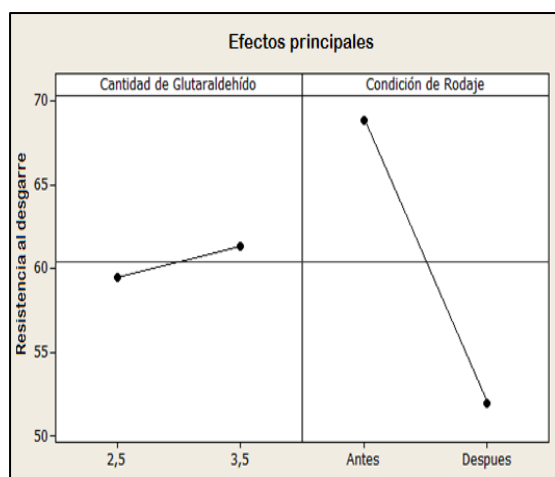


Figura 2. Efectos principales de la resistencia al desgarre

### 3.3.2. Resistencia a la tracción

El ANOVA para la resistencia a la tracción se muestra en la tabla 7, de acuerdo a la columna Sig., cuyas entradas son menores que 0.05, se acepta la hipótesis nula  $H_0$ : *Concentración de glutaraldehído /Condición de rodaje* = 0, y se rechazan las hipótesis nulas de  $H_0$ : *Concentración de glutaraldehído* = 0,  $H_0$ : *Condición de rodaje* = 0, y se concluye que  $H_A$ : *Concentración de glutaraldehído*  $\neq$  0,  $H_A$ : *Condición de rodaje*  $\neq$  0, lo cual indica que los efectos principales influyen en la resistencia al desgarre y no existe efecto de interacción.

Tabla 7. ANOVA para resistencia a la tracción

Fuente de variabilidad	Contraste	Efecto	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio Promedio	F	Sig.
Concentración de glutaraldehído	-56,65	-5,67	160,46	1	160,46	363,76	0,000*
Condición de rodaje	-21,05	-2,11	22,16	1	22,16	50,22	0,000*
Concentración de glutaraldehído/Condición de rodaje	5,47	0,55	1,50	1	1,50	3,39	0,084
Error			7,058	16	0,44		
Total			191,17	19			

En el análisis ANOVA se determinó que no existe interacción entre los dos factores, por lo tanto analizaremos como influyen los efectos principales sobre la resistencia a la tracción, en la figura 3 podemos observar que si la

concentración del glutaraldehído se encuentra en su nivel bajo tiene una mayor resistencia y si se varía del nivel inferior al superior la resistencia disminuye en 5,67%. En la condición de rodaje indica que si se varía del nivel inferior

al superior la resistencia a la tracción disminuye en 2,11%. Con lo cual podemos decir que el mejor tratamiento es el tratamiento 1, con el mismo se obtiene una resistencia a la tracción promedio de 19.25 MPa.

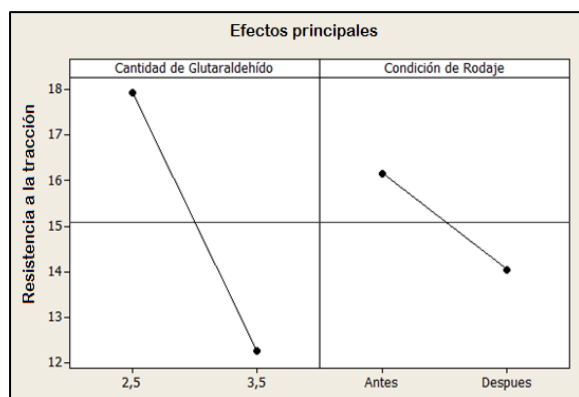


Figura 3. Efectos principales de la resistencia a la tracción

### 3.3.3. Alargamiento a la rotura.

El análisis de varianza se muestra en la tabla 8, de acuerdo a la columna Sig., cuyas entradas son menores que 0.05, se rechazan las tres hipótesis nulas  $H_0$ : Concentración de glutaraldehído = 0,  $H_0$ : Condición de rodaje = 0,  $H_0$ : Concentración de glutaraldehído / Condición de rodaje = 0, y se concluye que  $H_A$ : Concentración de glutaraldehído  $\neq$  0,  $H_A$ : Condición de rodaje  $\neq$  0,  $H_A$ : Concentración de glutaraldehído / Condición de rodaje  $\neq$  0, lo cual indica que los efectos son estadísticamente significativos e influyen en el alargamiento a la rotura.

Tabla 8. ANOVA para alargamiento a la rotura

Fuente de variabilidad	Contraste	Efecto	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio Promedio	F	Sig.
Concentración de glutaraldehído	26,11	2,61	34,09	1	34,09	77,82	0,000*
Condición de rodaje	16,63	1,66	13,83	1	13,83	31,57	0,000*
Concentración de glutaraldehído/Condición de rodaje	-106,01	-10,60	561,91	1	561,91	1282,85	0,000*
Error			7,008	16	0,44		
Total			616,83	19			

El ANOVA nos indicó que los factores son estadísticamente significativos, por lo cual analizaremos la interacción de los dos factores (figura 4), en la cual podemos observar que en la condición de rodaje al cambiar del nivel bajo

al nivel alto cuando la concentración del glutaraldehído se encuentra en el nivel alto el porcentaje de alargamiento a la ruptura disminuye en 9%, pero si la concentración del glutaraldehído se encuentra en su nivel bajo el

porcentaje incrementa en 12%. En la cantidad de glutaraldehído podemos observar como al cambiar del nivel bajo al nivel alto cuando la condición de rodaje se encuentra en el nivel bajo el porcentaje incrementa en 13% pero si se encuentra en el nivel alto el porcentaje disminuye en 8%.

En los efectos principales (figura 5), tenemos un efecto positivo mayor en la concentración del glutaraldehído, lo cual nos indica que al incrementar la cantidad de glutaraldehído incrementará el porcentaje de alargamiento a la ruptura en 2,61%. Además podemos ver que el efecto en la condición de rodaje es positivo y de igual forma indica que el cambio de nivel incrementaría el porcentaje de alargamiento en 1,66%.

Sin embargo debemos considerar que existe efecto de interacción el cual es mayor al generado por los efectos principales, por tal razón no podemos considerar estos efectos para nuestro análisis. Resultando del análisis de interacción que los tratamientos con mejores resultados para el porcentaje de alargamiento a la rotura son el tratamiento 2 y 3, los mismos que representan un similar incremento en porcentaje, pero si analizamos la cantidad de glutaraldehído que debemos agregar a la estructura resulta beneficioso el tratamiento 3.

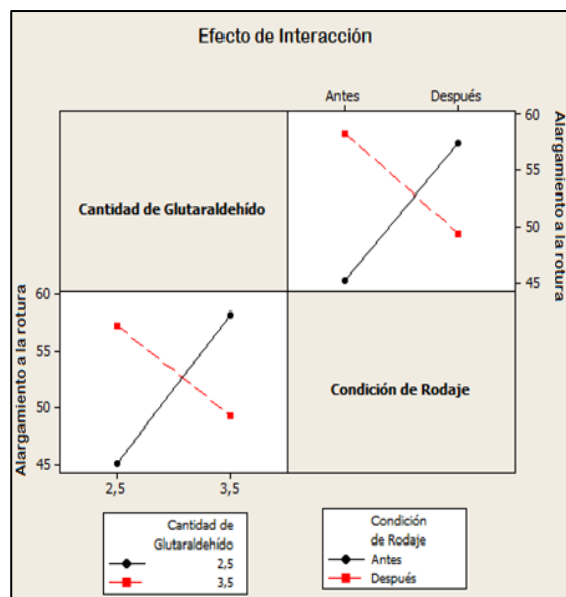


Figura 4. Efecto de interacción del alargamiento a la rotura

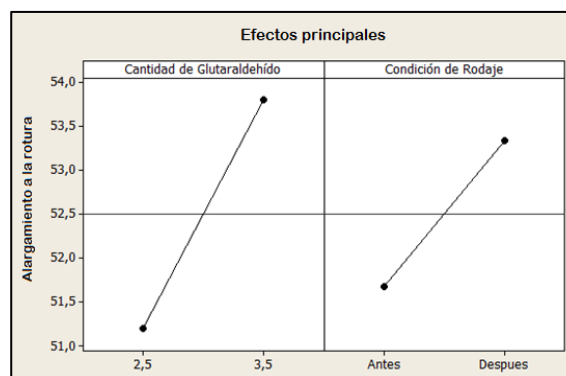


Figura 5. Efectos principales del alargamiento a la rotura

### 3.3.4. Porcentaje de contracción.

El ANOVA para el porcentaje de contracción se muestra en la tabla 9, de acuerdo a la columna Sig., cuyas entradas son menores que 0.05, se acepta la hipótesis nula  $H_0$ : Concentración de glutaraldehído = 0,  $H_0$ : Concentración de glutaraldehído / Condición de rodaje = 0, se rechazan la hipótesis nula de  $H_0$ : Condición de rodaje = 0, y se concluye que  $H_A$ : Condición de rodaje  $\neq 0$ , lo cual indica que el único efecto que influye en el porcentaje de contracción es la condición de



rodaje debido a que este es estadísticamente significativo.

La figura 6 nos permite analizar de mejor manera cómo influye la condición de rodaje en la variable respuesta, podemos notar como al cambiar la condición de rodaje del nivel bajo al nivel alto el porcentaje de contracción incrementó en 6.30%, en nuestro estudio necesitamos que el porcentaje de contracción sea mínimo por lo tanto la condición de rodaje en el nivel bajo es nuestra mejor opción. La cantidad de glutaraldehído no influye en la variable respuesta por lo cual si utilizamos menor cantidad de glutaraldehído en nuestro proceso podremos reducir el consumo de este producto, por lo tanto el tratamiento con el cual

se obtiene mejor resultado en el porcentaje de contracción es el tratamiento 1.

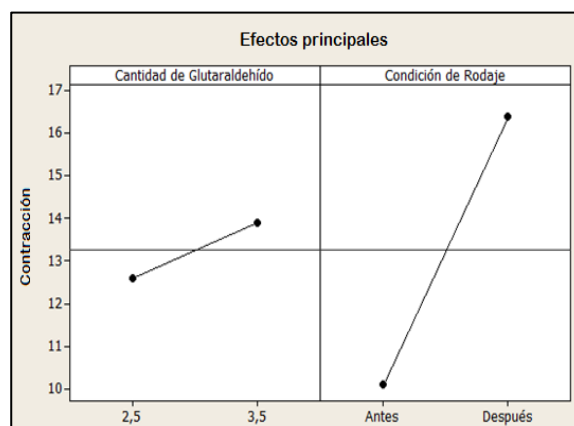


Figura 6. Efectos principales del porcentaje de contracción

Tabla 9. ANOVA para porcentaje de contracción

Fuente de variabilidad	Contraste	Efecto	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio Promedio	F	Sig.
Concentración de glutaraldehído	13,00	1,30	8,45	1	8,45	4,12	0,059
Condición de rodaje	63,00	6,30	198,45	1	198,45	96,80	0,000*
Concentración de glutaraldehído/Condición de rodaje	-1,00	-0,10	0,05	1	0,05	0,02	0,878
Error			32,8	16	2,05		
Total			239,75	19			

### 3.4. Cumplimiento con normas exigidas

la normativa DIN 53329 método A que establece un valor con mínimo de 20 N/mm Figura 7.

#### 3.4.1. Resistencia al desgarre

Todos los tratamientos cumplieron con las exigencias para la resistencia al desgarre según

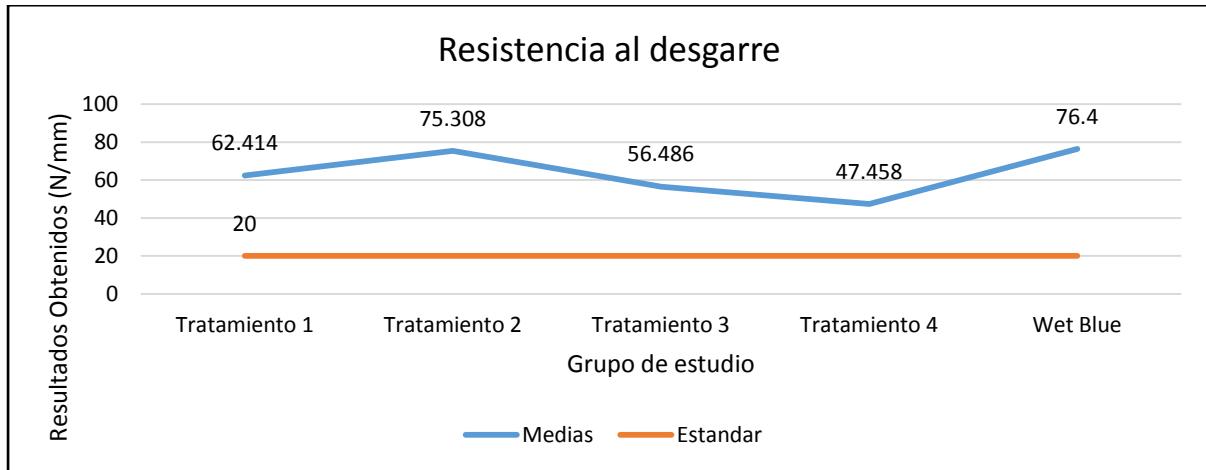


Figura 7. Resistencia al desgarre

#### 3.4.2. Resistencia a la tracción

Las muestras sometidas al Tratamiento 4, no cumplen con las exigencias de la norma INEN 1061 que establece un mínimo de 12 MPA para la resistencia a la tracción, este

tratamiento nos muestra una media de 11,482 MPa. El tratamiento 1 nos muestra valores similares al proceso de Wet Blue. Figura 8.

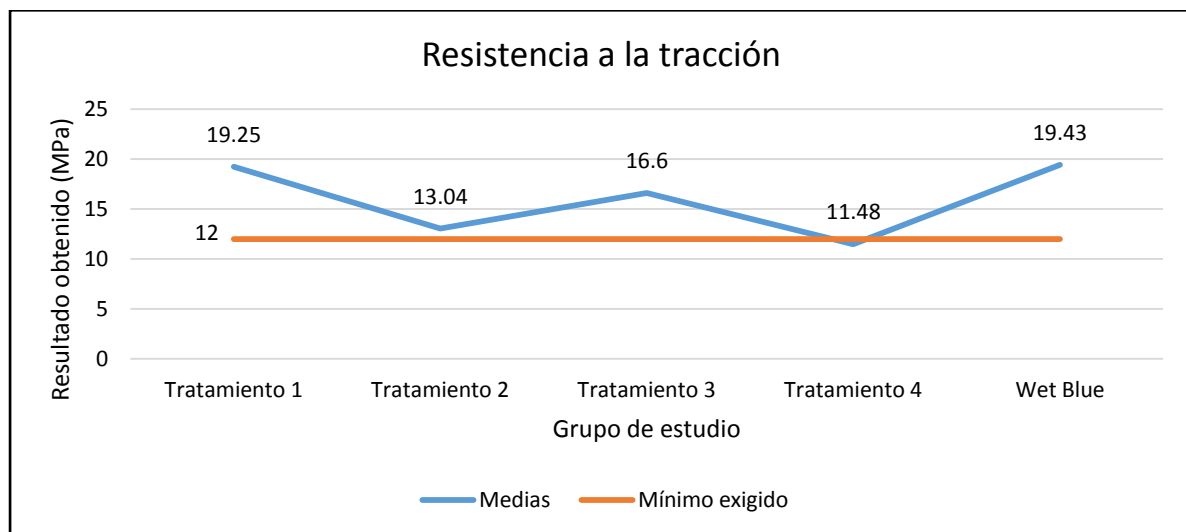


Figura 8. Resistencia a la tracción

### 3.4.3. Alargamiento a la rotura

Todos los tratamientos se encuentran dentro de los límites de porcentaje de alargamiento exigido por la norma internacional ASTM D2208, a excepción del tratamiento tradicional “Wet Blue”, que sobrepasa el límite superior con un 10,5%, este valor se obtuvo del cuero terminado de curtir por lo cual se establece que en los siguientes procesos como lo es el recurtido y acabado se utilizará los respectivos químicos para así lograr lo solicitado en la norma, además cabe recalcar que cada industria automotriz maneja su diferente normativa con requisitos diferentes. Figura 9

### 3.4.4. Porcentaje de contracción

Únicamente el Tratamiento 1 cumple con las exigencias establecidas por la empresa Curtiembre Renaciente S.A., con una media de 9,4% de contracción, adicionalmente podemos mencionar que en el wet blue la prueba de ebullición se realizó a 92 °C obteniendo el porcentaje de contracción una media de 1,5 %, para los cuatro tratamientos se realizó la prueba de ebullición a 70 °C, como se indicó en la revisión literaria. Figura 10

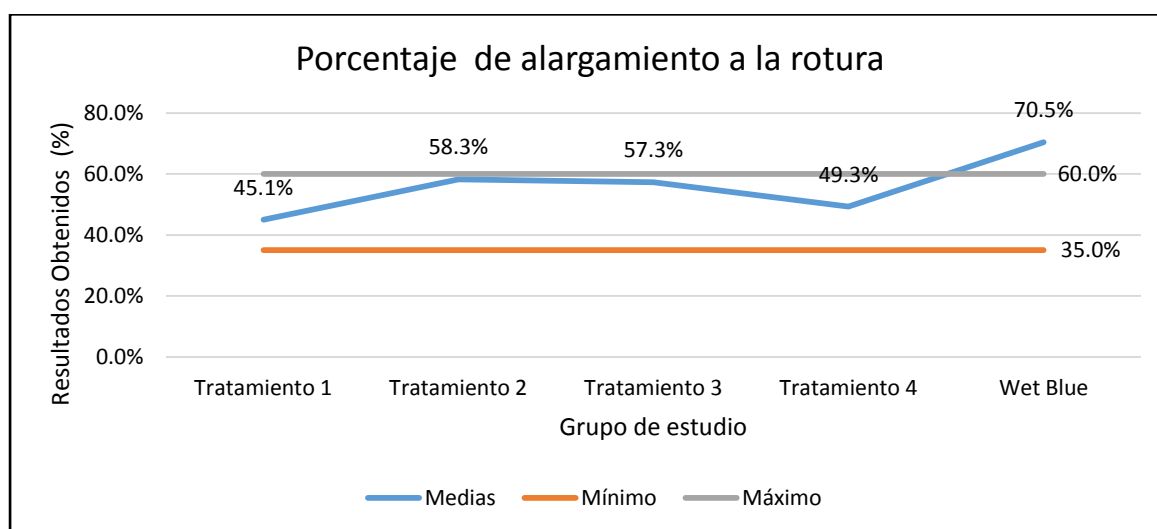


Figura 9. Porcentaje de alargamiento a la rotura

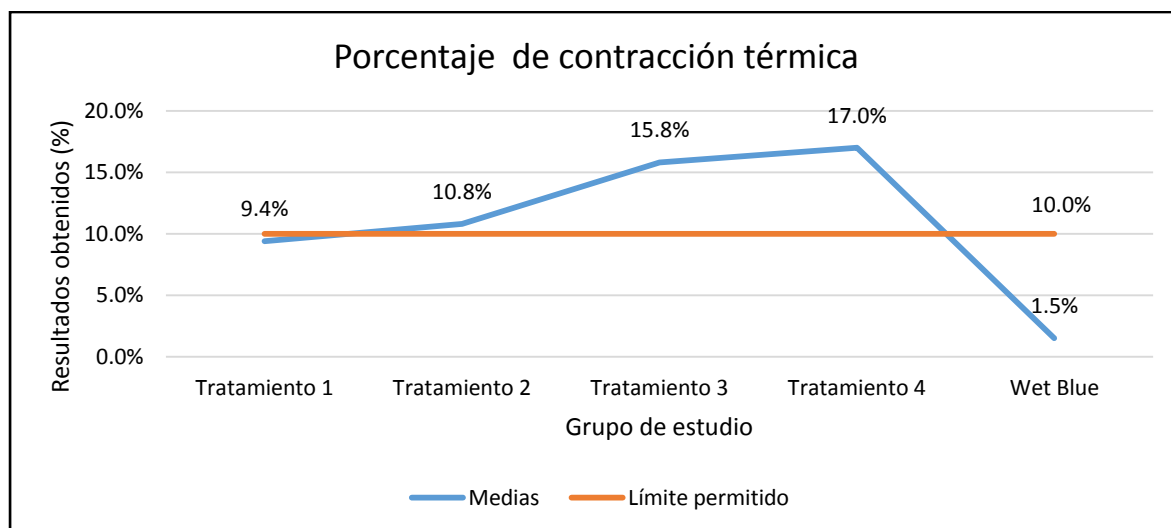


Figura 10. Porcentaje de contracción

### 3.5. Evaluación económica

#### 3.5.1. Materia Prima

Tomando en consideración que los trabajos de rivera como lo son Remojo, Pelambre, Desencalado, Rendido y Piquelado son similares a los que se realizan en el proceso tradicional de wet blue, los costos que están involucrados en los mencionados procesos son iguales en el proceso wet white. En la Tabla 10 se detallan por  $dm^2$  el costo de la piel y el costo de producto químico en los procesos antes mencionados.

Tabla 10. Costos proceso inicial de rivera

	Remojo	Desencalado
Piel ( $\$/dm^2$ )	Pelambre	Rendido
	( $\$/dm^2$ )	Piquel ( $\$/dm^2$ )
0,0533	0,0034	0,0043

Los procesos de Curtido, Recurtido y Teñido son diferentes entre el wet blue y el

wet white, debido a que se utilizan formulaciones diferentes y por lo tanto los costos de productos químicos utilizados son diferentes. Adicional el cuero wet white tiene un incremento en el espesor del 20% cuando se realiza el recurtido debido a la formulación utilizada, lo cual se debe tener en consideración a la hora de realizar costeo del rebajado. En la Tabla 11 se detallan los costos involucrados.

Tabla 11. Costos curtido y recurtido

	Curtido ( $\$/dm^2$ )	Recurtido y Teñido ( $\$/dm^2$ )
Wet Blue	0,0025	0,0171
Wet White	0,0070	0,0205

De la tabla se deduce que el incremento en costo por  $dm^2$  en los procesos de curtido y recurtido es de 0.0079 USD/ $dm^2$  para el proceso wet White.



### 3.5.2. Mano de obra y energía eléctrica

Con el objetivo de tener el costo de la mano de obra y energía eléctrica tomaremos en cuenta que la producción de cuero en los proceso de rivera se realiza por lotes, consideraremos que colocamos 250 pieles con un área total de aproximadamente  $81250 \text{ dm}^2$  (una piel posee en promedio  $325 \text{ dm}^2/\text{und}$ ) en el bombo para realizar la curtición. El tiempo de producción en el proceso wet white incrementa en aproximadamente 8 horas, lo cual representa un día de labores de un operario además del uso de un bombo en el mismo periodo, lo cual incrementa el consumo de energía eléctrica. Consideramos la cantidad de 250 pieles (que es el lote de proceso en función de la capacidad del reactor) debido a que la cantidad de cueros es independiente del tiempo de producción, es decir tardaremos el mismo tiempo en realizar la curtición de 1 piel como de 250 pieles.

El costo obtenido por esta cantidad de pieles con su decimetroaje, servirá para obtener el costo de  $1 \text{ dm}^2$  de piel. En la tabla 12 se detalla el costo de la mano de obra y el costo de le energía eléctrica consumida por el bombo en funcionamiento.

Tabla 12. Costo M.O. y energía eléctrica

	Mano de Obra (\$/dm <sup>2</sup> )	Energía eléctrica (\$/dm <sup>2</sup> )
Wet Blue	0,00197	0,00146
Wet White	0,00213	0,00158

De la tabla 12 se deduce que el incremento en costo por  $\text{dm}^2$  en la mano de obra y energía

eléctrica es de  $0.00028 \text{ USD}/\text{dm}^2$  para el proceso wet White.

### 3.5.3. Generación de desechos

Si consideramos que tradicionalmente el curtido se realiza con sulfato básico de cromo, y el licor de cromo generado en el proceso de curtido para ser descargado al alcantarillado debe cumplir cierto límite de contenido de cromo total, lo cual implica realizar un proceso de tratamiento, el mismo que posee un costo, y que deja como subproceso licor de cromo concentrado que puede ser reutilizado nuevamente. En este caso el costo por tratamiento involucra mano de obra, energía eléctrica y la el producto químico utilizado. En la tabla 13 se detallan los costos involucrados en el tratamiento de cromo:

Tabla 13. Costos Tratamiento de Cromo

	\$/dm <sup>2</sup>
Mano de Obra	0,0000110
Energía eléctrica	0,0000005
Químicos utilizados	0,0000677

De la tabla 13 podemos deducir que el costo del tratamiento de cromo es de  $0.000079 \text{ USD}/\text{dm}^2$  para el proceso wet blue.

Además como mencionamos el cuero wet white tiene un incremento en el espesor, lo cual debe ser considerado a la hora de realizar el proceso de rebajado del mismo, ya que genera una cantidad mayor de desecho que el cuero wet blue. Estos desechos generados en el proceso de rebajado (raspado de cuero) cuando se realiza el proceso de curtido al cromo deben ser dispuestos en un relleno acorde con las legislaciones ambientales





vigentes, que en muchos casos consideran al raspado de cuero como un desecho peligroso, por lo cual esos desechos deben ser dispuestos por un gestor ambiental o ser dispuesto en el relleno sanitario como un desecho especial, dependiendo de cada país, lo cual involucra un costo por disposición. Por su parte el raspado de cuero generado como desecho del rebajado del wet white puede servir como compostaje, lo cual evitaría los costos de disposición en el relleno sanitario. Con lo expuesto a continuación se detallan los costos por  $dm^2$  de la gestión de residuos.

*Tabla 14. Costo por disposición final de desechos solidos*

	Costo desecho peligroso (\$/dm <sup>2</sup> )	Costo desecho especial (\$/dm <sup>2</sup> )
Wet blue	0,006379	0,000044
Wet white	0,000	0,000

#### *3.5.4. Rendimiento de la superficie*

Otra variable importante a considerar es que si en las operaciones después del recurtido se trabaja a temperaturas de 72 °C como puede ser el secado, prensado, pigmentado; se reducirá la superficie útil del cuero wet white como se demostró en los tratamientos, teniendo así en el mejor de los casos una disminución de 9,4% en la superficie del cuero correspondiente al tratamiento 1. Por su parte el cuero wet blue sufre un encogimiento de 1.5% pero en temperaturas superiores a los 100 °C. Por lo cual si trabajamos a temperaturas superiores a las indicadas anteriormente tendremos un encogimiento en la superficie útil del cuero, además

considerando que la temperatura en la cual se encoge el wet white es inferior a la del wet blue se tendrá que determinar la temperatura de trabajo y determinar cuál es la disminución de la superficie del cuero y con ello el costo que estaríamos perdiendo en el wet white a comparación con el wet blue debido al encogimiento de la superficie.

En el presente trabajo no se consideró el costo del rendimiento de la superficie debido a que las operaciones siguientes al recurtido no se trabajaron a temperaturas superiores a los 65 °C, teniendo así que en el producto final no se determinó disminución en la superficie.

#### *3.5.5. Análisis general*

Si analizamos los costos involucrados podemos notar que si considerando únicamente los procesos de curtición tenemos un incremento del 180% en el curtido wet white en cuanto al costo de la cantidad de producto químico utilizado. En cuanto el proceso de recurtición tenemos un incremento en el costo del 20% en el wet white en la cantidad de producto químico utilizado, a pesar de que se determinó que el recurtido hace que incremente el espesor de la piel debido a los productos utilizados en el proceso wet white por lo que tomamos en consideración en la operación anterior al recurtido (rebajado), en el cual el cuero obtiene un espesor más delgado y por consiguiente la piel que va a ser recurtido tiene un peso menor que una piel wet blue con lo cual la cantidad de producto químico utilizada será menor ya que es en función del peso de la piel.



Analizando el proceso desde la adquisición de pieles hasta el proceso de recurtido, considerando materia prima, mano de obra y energía eléctrica podemos determinar que existe el 10% en el incremento del costo del wet white. Tabla 15

Como señalamos anteriormente la producción de wet white trae consigo el beneficio de que los desechos generados pueden ser utilizados como compostaje además de no necesitar que se realice el tratamiento para la eliminación del cromo. La tabla 16 refleja los otros costos involucrados en los desechos y tratamiento de cromo, tomando en cuenta que los desechos

del wet blue pueden ser considerados especiales o un desecho peligroso, dependiendo cada legislación, mientras que los desechos del proceso wet white los podemos hacer compostaje.

Tomando en cuenta todos los costos involucrados se obtiene que el costo total del cuero wet white antes de realizar el acabado del cuero, considerando que el desecho del wet blue es tomado como un desecho especial tiene un incremento del 10 % y si se considera al wet blue como un desecho peligroso el incremento es de 2% en el cuero wet white. Tabla 17.

Tabla 15. Costos del proceso

	Piel (\$/dm <sup>2</sup> )	Remojo Pelambre (\$/dm <sup>2</sup> )	Desencalado Rendido Piquel (\$/dm <sup>2</sup> )	Curtido (\$/dm <sup>2</sup> )	Recurtido y Teñido (\$/dm <sup>2</sup> )	Mano de Obra(\$/dm <sup>2</sup> )	Energía eléctrica (\$/dm <sup>2</sup> )	TOTAL (\$/dm <sup>2</sup> )
Wet Blue	0,0533	0,0034	0,0043	0,0025	0,0171	0,0020	0,0015	0,0840
Wet White	0,0533	0,0034	0,0043	0,0070	0,0205	0,00213	0,00158	0,0921

Tabla 16. Costos de gestión de desechos

	Recuperación de cromo (\$/dm <sup>2</sup> )	Costo desecho peligroso (\$/dm <sup>2</sup> )	Costo desecho especial (\$/dm <sup>2</sup> )	TOTAL (Desecho especial) (\$/dm <sup>2</sup> )	TOTAL (Desecho peligroso) (\$/dm <sup>2</sup> )
Wet Blue	0,000079	0,0063	0,000044	0,0001	0,0064
Wet White	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000

Tabla 17. Costos total

	COSTO TOTAL (Desecho especial) (\$/dm <sup>2</sup> )	COSTO TOTAL (Desecho peligroso) (\$/dm <sup>2</sup> )
Wet Blue	0,0841	0,0904
Wet White	0,0921	0,0921



#### 4. Conclusiones

La presente investigación ha permitido desarrollar un cuero libre de cromo “wet white”, que cumple con los requisitos establecidos por normas internacionales además de tener características que se asemejan al cuero producido tradicionalmente a base de cromo mediante la utilización de un diseño experimental factorial. El análisis de las variables determinó que las concentraciones (2,5% y 3,5%) de glutaraldehído que se establecieron en el diseño factorial, tuvieron efecto (individual) en las propiedades de: resistencia al desgarre, resistencia a la tracción y alargamiento a la ruptura de los cueros después de haber sido procesados ( $p < 0,05$ ). El análisis sobre las condiciones de rodaje (antes y después) de la aplicación de glutaraldehído, arrojó que tiene efecto (individual) en todas las propiedades físicas planeadas en el estudio ( $p < 0,05$ ). La combinación de los factores escogidos para el diseño (Concentración de glutaraldehído y condición de rodaje), exhibió que tienen efecto en los resultados de las pruebas de las propiedades físicas de: Resistencia al desgarre y Alargamiento a la ruptura ( $p < 0,05$ ).

La utilización de gráficas de efectos principales y de interacción junto al análisis ANOVA, determinaron que en la resistencia al desgarre el tratamiento 2 resultó ser el mejor, en la resistencia a la tracción el tratamiento 1 fue el que mejores resultados brindó, en el alargamiento a la rotura el tratamiento 3 obtuvo el mejor resultado.

Sin embargo, en los experimentos realizados el punto crítico es el porcentaje de contracción obteniendo el mejor resultado 9,4% de disminución de la superficie del cuero con el tratamiento 1; y los demás tratamientos se encuentran fuera de rango. Si bien dicho resultado se encuentra dentro de rango, su valor es considerable respecto al curtido al cromo (1,5%). El Wet White tiene una baja temperatura de contracción alrededor del 72 °C, lo cual representa un grave problema debido a que los cueros destinados para tapicería automotriz tienen que soportar variaciones considerables de temperaturas, aproximándose en el interior del vehículo durante un día de sol a temperaturas de alrededor de 100 °C, lo cual deformaría el cuero. Además en el caso del wet white si en las operaciones como lo es el secado, prensado, acabado, etc., se trabaja a temperaturas superiores a los 72 °C se va a tener una reducción en la superficie útil del cuero lo cual se reflejaría en el rendimiento del cuero y por consiguiente al tener menor decímetros cuadrados en la piel el costo de la misma disminuirá.

Como mencionamos en el desarrollo de la presente investigación el glutaraldehído se ha mostrado como el mejor agente de curtición con el cual se ha obtenido resultados buenos, el inconveniente presentado es en la temperatura de contracción que se obtiene con el glutaraldehído, la misma que está alrededor de 72 °C, por lo cual como señala el artículo de Indigoquímica se debería probar el



glutaraldehído junto con curtientes poliméricos con el fin de mejorar dicha temperatura.

Los mejores resultados se obtuvieron al dejar reposar con el glutaraldehído toda la noche, para el siguiente día realizar el basificado, con la cual se obtuvo una penetración en toda la sección de la piel y con ello se logró resultados similares al del cuero curtido al cromo, en cuanto a la concentración de glutaraldehído, se tienen los mejores resultados entre el tratamiento 1 y el 2, por lo cual se debería realizar experimentaciones con el 3% con el fin de obtener mejores condiciones en las pruebas físicas.

Con lo mencionado concluimos que el tratamiento que cumple con todos los requisitos internacionales y que se asemeja con la producción de wet blue es el tratamiento 1 con un 2,5 % de concentración de glutaraldehído y con un rodado antes del basificado con el fin de que este atravesase totalmente la piel y obtenga las características adecuadas.

Con la pieles del tratamiento 1 se continuó con el proceso de acabado del cuero obteniendo resultados satisfactorios en el producto final en los parámetros de resistencia al desgarre, resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura con los valores de 66.4 N/mm, 19. 58 MPa y 47% respectivamente.

Además el cuero wet white tiene la adecuada resistencia en el acabado, obteniendo el valor de 5 en el grado de escala de grises para resistencia a la abrasión (cs-10 4000 ciclos), valor de 5 en el grado de escala de

grises en resistencia al frote (seco 500 ciclos, húmedo 100 ciclos, exudación 50 ciclos) y obteniendo un valor de 6.37 N en adhesión de acabado (ISO 11640), con lo cual se determina que el cuero curtido con glutaraldehído cumple con características similares al curtido tradicional en el producto final , presentando el mayor inconveniente en el porcentaje de contracción al ser sometido a altas temperaturas.

Un factor importante a considerar es el costo de producto químico utilizado, el mismo que incrementa en 10% en relación a la cantidad de producto utilizado en la curtición con sulfato de cromo. Sin embargo la producción de cuero libre de cromo resuelve grandes restricciones ambientales ya que la generación de los desechos como son la viruta del rebajado (raspado) y los restos de cuero de los procesos de recorte y lijado, pueden ser depositados en los rellenos sanitarios o ser incinerados, además estos al ser residuos orgánicos pueden ser utilizados para la elaboración de compostaje, lo cual con el cuero curtido al cromo estos desechos tienen un costo para su disposición final (desecho peligroso), obteniendo así con todas las consideraciones mencionadas un incremento del 2% en el costo del cuero wet white en relación al cuero curtido tradicionalmente con cromo. Y si consideramos la disposición final del wet blue como desecho especial existe un incremento del 10% en el costo del wet white.

Otra consideración importante es que el cuero wet white tiene un incremento en el espesor debido a los productos químicos



utilizados, teniendo que tomar en cuenta a la hora de realizar el rebajado para poder llegar al espesor requerido por el cliente, por lo cual en el rebajado el espesor del cuero deberá ser menor que en el wet blue, por consiguiente el peso de la piel será menor y de esta manera la cantidad de productos químicos aplicados por kg de piel también lo será.

Además en el proceso wet white se debe buscar optimizar el tiempo de producción, ya que como se determinó este proceso tiene mayor duración, lo cual hace que se disminuya la capacidad de producción y el costo del producto incrementa.

Por lo que se recomendaría continuar con la investigación considerando como punto de partida las condiciones del tratamiento 1, modificando la formulación con curtientes poliméricos con objeto de mejorar la característica del porcentaje de contracción.

Y revisar otras opciones o desarrollos con objeto de poder disminuir los costos de la formulación desarrollada, con objetivo de poder implementarla a nivel de producción.

### Agradecimientos

“A mi familia y en especial a mi hija Nicole, por el apoyo incondicional durante toda mi carrera.

Al Ing. James Arias tutor del presente trabajo de titulación por la guía y consejos aportados en el desarrollo del mismo.

Al Ing. Carlos Rojas por el apoyo técnico y recomendaciones para el desarrollo de esta investigación”.

### Referencias

- Bacardit, A., Combalia, F., & Makárova, L. O. (s.f.). Comparación de Cuatro Sistemas de precurtición wet-white. *Técnica y Ciencia*.
- Carlos Santos Cantera, C. E. (s.f.). *bibliotecavirtual.minam.gob.pe*. Obtenido de Valorización de residuos sólidos en la industria del cuero: [minam.gob.pe](http://minam.gob.pe)
- Cordero, D. B. (s.f.). Tecnología del Cuero Tomo 2. Cuenca.
- Diario Oficial de las comunidades Europeas. (18 de Septiembre de 2000). *EUR-Lex*. Obtenido de [http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:02fa83cf-bf28-4afc-8f9f-eb201bd61813.0001.02/DOC\\_1&format=PDF](http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:02fa83cf-bf28-4afc-8f9f-eb201bd61813.0001.02/DOC_1&format=PDF)
- Eliana Esparza, N. G. (2013). Contaminación debida a la industria curtiembre. *Revista Química*, 41-63.
- Ferré, J. (s.f.). Obtenido de <http://www.quimica.urv.cat/quimio/general/disfact.pdf>
- Humberto Gutiérrez Pulido, R. d. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. México DF: McGraw-Hill.
- Indigoquímica. (s.f.). *Biblioteca del medio ambiente*. Obtenido de Curtición Wet White: [http://indigoquimica.net/pdf/biblioteca/medio\\_ambiente/Curticion\\_wet\\_white.pdf](http://indigoquimica.net/pdf/biblioteca/medio_ambiente/Curticion_wet_white.pdf).
- M. Roig, V. S. (2012). Piel libre de cromo curtida con oxazolidina. *Asociación Química Española de la Industria del Cuero*, 101-103.
- M. Roigl, V. S. (Diciembre de 2012). *AQUEIC*. Obtenido de Piel libre de cromo



curtida con oxazolidina:  
[www.aqeic.org](http://www.aqeic.org)

M. Taylor, J. L. (2011). Treatments to Enhance Properties of Chrome-free (Wet White) Leather. *American Leather Chemists Association*, 35-43.

Minitab. (2016). *Suporte de Minitab 17*.  
Obtenido de  
<http://support.minitab.com/es-mx/minitab/17/topic-library/modeling-statistics/anova/basics/what-is-anova/>

Montgomery, D. C. (2004). *Diseño y análisis de experimentos*. México: Limusa S.A.

Porras, A. C. (2010). Descripción de la nocividad del cromo proveniente de la industria curtiembre y de las posibles formas de removerlo. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*.

Sammarco, U. (2004). *Curtidos organicos en la producción de cueros para automoviles*. Obtenido de  
<http://www.aaqtic.org.ar/congresos/buenosaires2004/pdf/Trabajo06.pdf>

Urdaneta, U. R. (s.f.). *Universsidad Rafael Urdaneta*. Obtenido de  
<http://www.uru.edu/fondoeditorial/libros/pdf/manualdestatistix/cap5.pdf>